
Radiální rychlost z analýz telurických čar

F4191: Praktikum z astronomie 2

Artem Gorodilov

20. prosince 2024

1. Abstrakt

V této práci jsem analyzoval tři spektra. Dvě z nich patřila stejnému objektu FVSc0 a jedno objektu HD64740. Spektrum FVSc0-04_44.fits byl získán pomocí dalekohledu ESO 1.52 s expoziční dobou 1800 s. Spektrum FVSc0-209_06.fits byl získán přístrojem FEROS umístěným na dalekohledu MPG/ESO 2.2, expoziční doba 800 s. Spektrum HD64740_010r_26.wl.fits byl získán přístrojem HARPS namontovaným na dalekohledu ESO 3.6.

Všechna pozorování byla provedena na observatoři La Silla.

Výpočty byly provedeny pomocí skriptu v Pythonu^[1].

kým pak lze využít k měření Dopplerova posuvu, a tím i k určení radiální rychlosti hvězdy.

Tato metoda je obzvláště užitečná v infračerveném oboru spektra, kde jsou telurické čáry výrazné, ale vyžaduje přesnou kalibraci a modelování, aby byly atmosférické vlivy správně odstraněny.

Radiální rychlost v lze určit na základě znalosti Dopplerova posuvu emisních/absorpčních čar ve spektru.

$$v = c \left(\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \right) \quad (1)$$

2. Úvod

Tellurické čáry ve spektru jsou absorpční čáry způsobené molekulami v zemské atmosféře, jako je kyslík, voda nebo oxid uhličitý. Tyto čáry se objevují ve spektru hvězd, když světlo prochází atmosférou Země, a jejich poloha je pevně vázána na radiální rychlost pozorovatele vůči Zemi.

Pro určení radiální rychlosti je možné porovnat spektrum hvězdy s telurickými čarami. Protože tyto čáry mají známou a stabilní vlnovou délku, slouží jako referenční body. Posun hvězdných čar vůči teluric-

kde v je radiální rychlost, c je rychlost světla, λ je pozorovaná vlnová délka a λ_0 je vlnová délka v klidu.

3. Zpracování dat

Pro analýzu jsem vybral 13 telurických čar:

Wavelength [Å]	Error [Å]
6872.251067289	0.001389138
6872.847125	0.001454657
6873.799370429	0.000906929
6874.656798427	0.001888834
6875.595932656	0.001745727
6876.718607378	0.001676247
6877.641205911	0.001243355
6879.044460945	0.000592694
6879.932394473	0.001248727
6883.835594122	0.000853233
6885.757979289	0.006408733
6886.746071429	0.000615678
6888.950940989	0.005895951

Spektra jsem normalizoval pomocí funkce `normalize_spectrum()`. Poté jsem vybral část spektra v rozsahu 6872.25–6888.95 Å. V této části spektra jsem určil minima hodnot intenzity (absorpční čáry), poté jsem provedl polynomické fitování absorpčních čar, abych přesněji určil střed čáry.

Normalizovaná spektra a část spektra použitá pro analýzu jsou vidět na obrázcích (1) a (2). Kvalita fitování je ukázána na příkladu dvou čar na obrázku (3).

Poté jsem z Dopplerova posunu pro jednotlivé čáry vypočítal radiální rychlosti a následně jsem pro každé spektrum vypočítal průměrnou radiální rychlost.

Chyby byly určeny z chyb daných telurických linií a také z individuálních chyb po fitování a výpočtu průměru.

K výpočtu veličin a jejich nejistot byla použita knihovna `Uncertainties` pro Python. Chyby byly rozšířeny o Studentův koeficient (2-Tail Confidence Level) s ohledem na stupně volnosti pro každou hodnotu, pro interval spolehlivosti 68.27%.

4. Výsledky

Získal jsem následující výsledky radiálních rychlostí objektů:

$$\begin{aligned} v_{FV\text{Sco}-04_44} &= -23620 \pm 246 \text{ m s}^{-1} \\ v_{FV\text{Sco}-209_06} &= 46 \pm 121 \text{ m s}^{-1} \\ v_{HD64740_010r_26} &= -1.8 \pm 91 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

Změny hodnot rychlostí pro každou linii jsou znázorněny na obrázku (4).

5. Závěr

Porovnáme-li získané výsledky s výsledky uvedenými v headeru souboru, vidíme, že rychlosti pro spektrum `FVSc0-04_44` a spektrum `HD64740_010r_26` bez zohlednění chyb vůbec neshodují. Pro spektrum `FVSc0-209_06` se již hodnota poněkud blíží, vzhledem k ostatním.

$$\begin{aligned} v_{FV\text{Sco}-04_44, fits} &= -24.83 \text{ m s}^{-1} \\ v_{FV\text{Sco}-209_06, fits} &= 28.35 \text{ m s}^{-1} \\ v_{HD64740_010r_26, fits} &= -99999 \text{ m s}^{-1} \end{aligned}$$

Připouštím, že u spektra `HD64740_010r_26` jsem mohl najít hodnotu rychlosti ve špatném parametru (u `FVSc0-04_44` a `FVSc0-209_06` byly údaje o radiálních rychlostech v parametrech `VHELIO` a u třetího ve `HIERARCH ESO TEL TARG RADVEL`). Když už mluvíme o dvou spektrech objektu `FVSc0`, zdá se mi nelogický takový rozdíl v radiální rychlosti. Mohu se domnívat, že u jednoho z nich mohla být provedena heliocentrická korekce, ale u druhého ne.

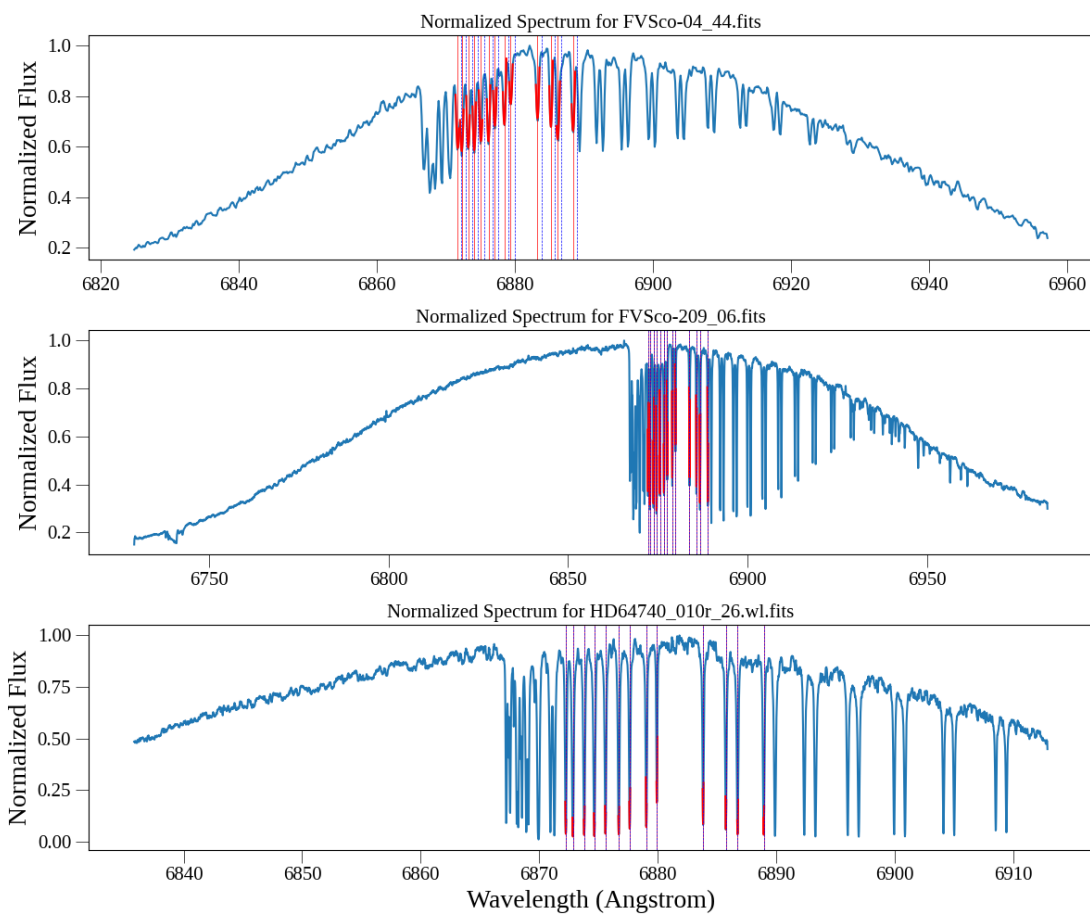
Obecně lze konstatovat, že spektrální rozlišení se spektrum od spektra zvyšuje,

což jistě odráží vlastnosti přístroje, ze kterého byly pozorovány. Spektrum FVSc04_44 je silně ovlivněno efektem splývání čar. Ten ztěžuje přesné určení polohy středu čáry, což vede k velké chybě. V ostatních spektrech bylo rozlišení velmi přijatelné.

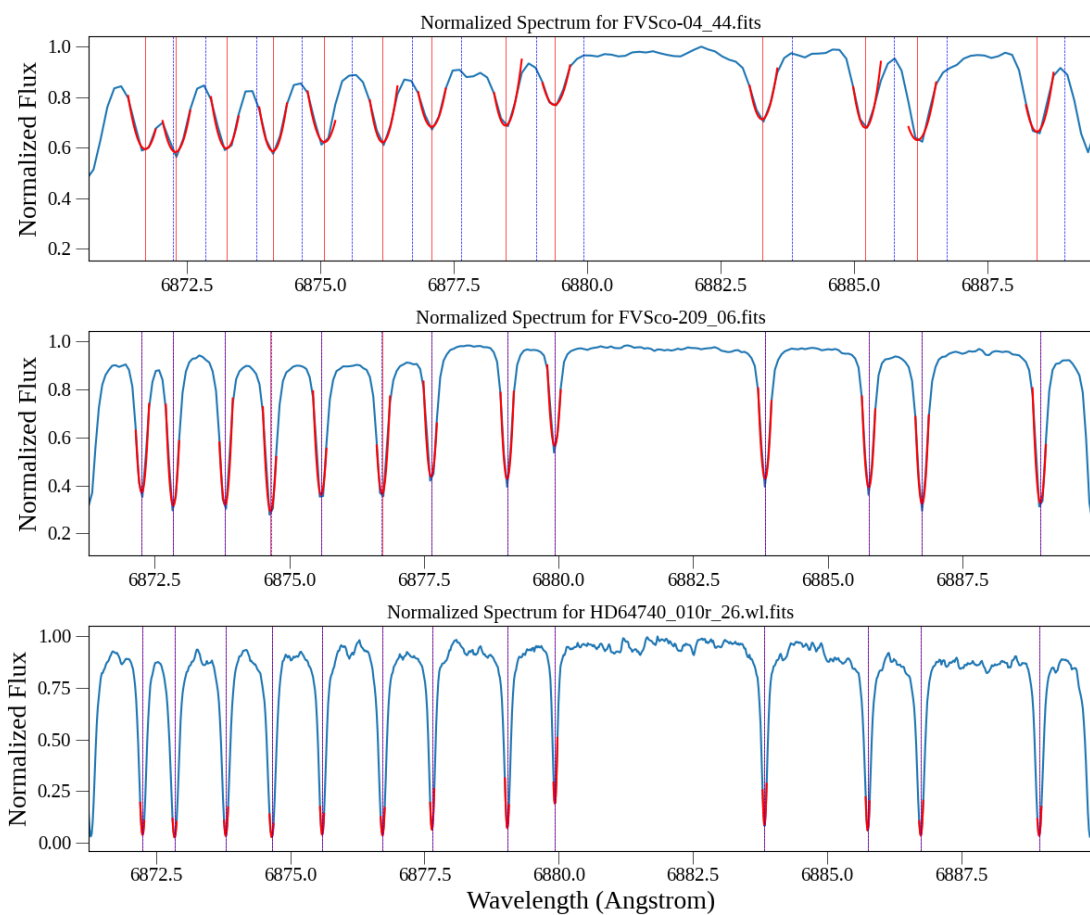
Větší vzorek telurických čar by mohl pomoci získat spolehlivější výsledky a snížit chybu. Byl jsem omezen na pouhých 13. A také použití specializovaného softwaru, který může poskytnout přesnější výsledky pomocí sofistikovanějších metod zpracování spekter (IRAF?).

Reference

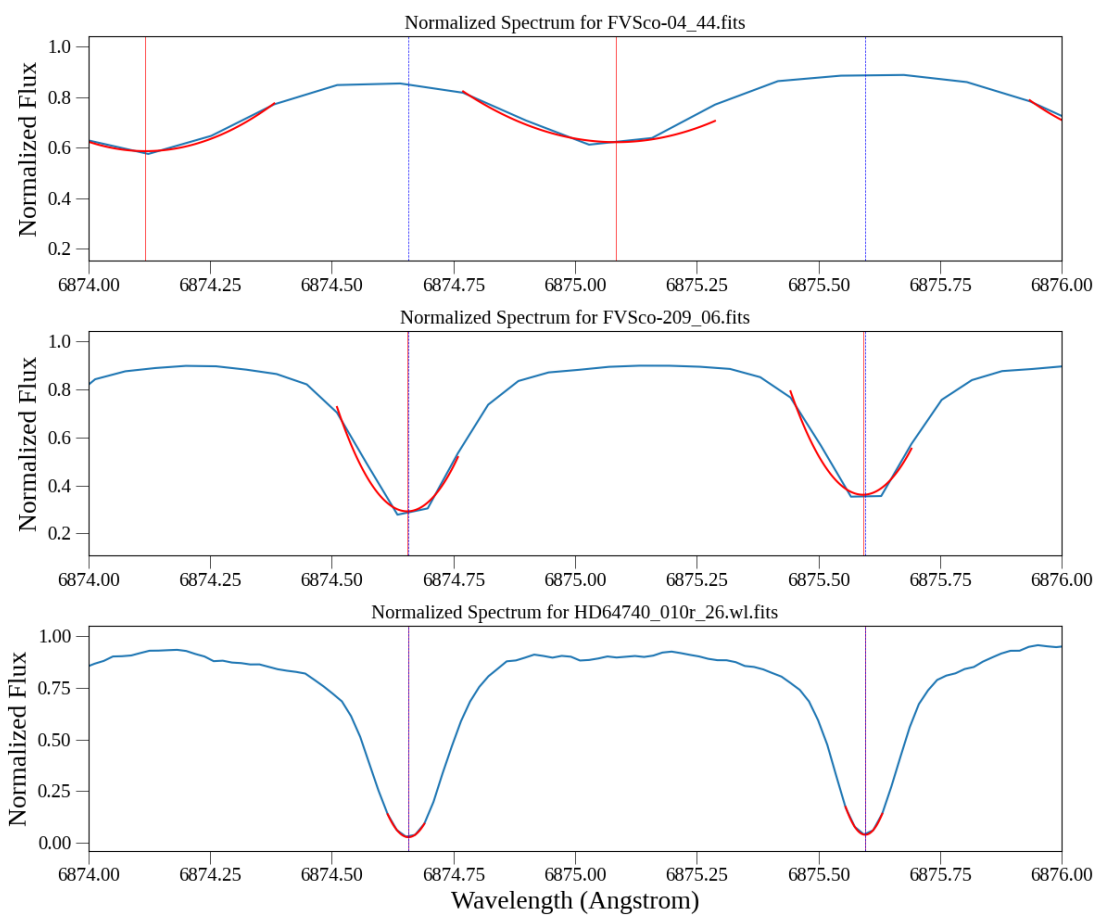
- [1] PoruchikRzhevsky. Praktikum-
z-astronomie. [https://
github.com/PoruchikRzhevsky/
Praktikum-z-astronomie](https://github.com/PoruchikRzhevsky/Praktikum-z-astronomie).



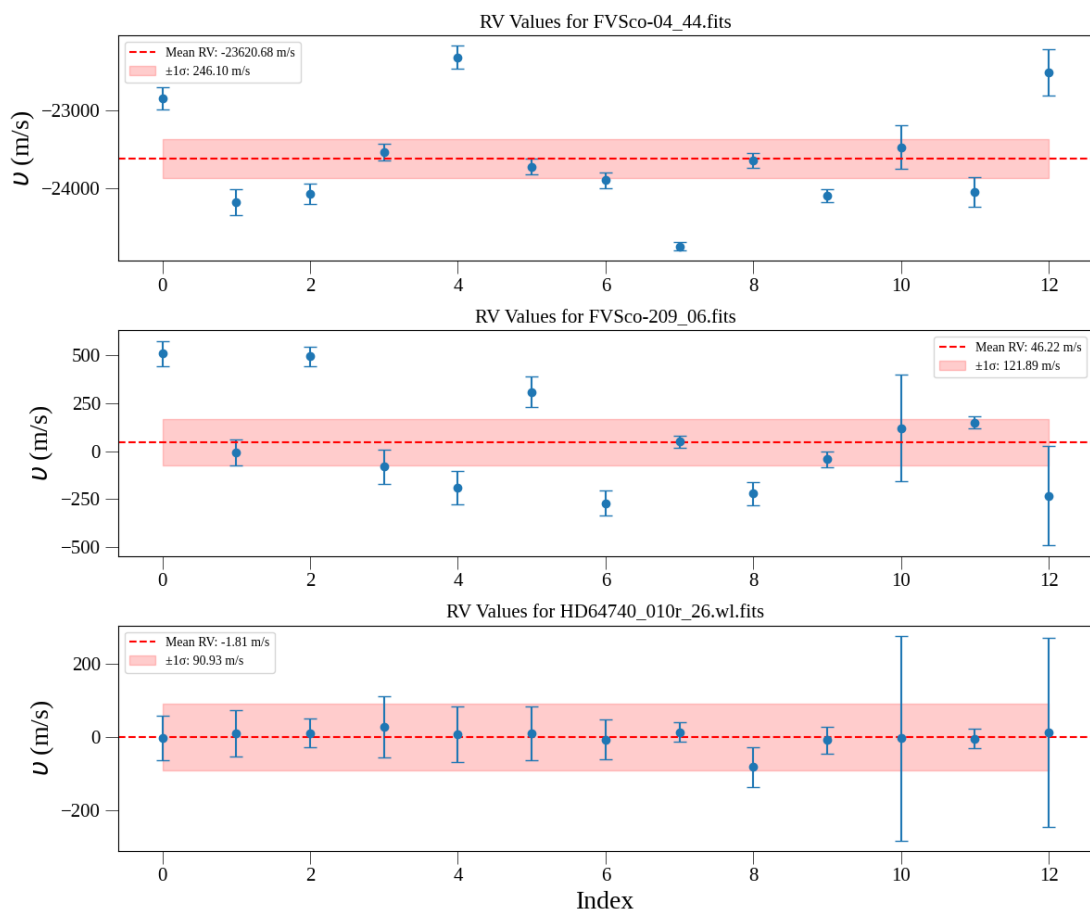
Obrázek (1) Normalizovaná FVSCO-04_44.fits, FVSCO-209_06.fits a HD64740_010r_26.wl.fits



Obrázek (2) Část spektra použitá pro analýzu



Obrázek (3) Fitování absorpčních čar



Obrázek (4) Radiální rychlosti pro jednotlivé čáry